

BEST AVAILABLE COPY

English translation of the attached paper 4 : Noriyuki Kuramoto,
page 18, Beginners Book 26, Conducting Polymers for Beginners
(November 25, 2002 published by Kogyo Chosakai)

Page 18

On the other hand, **polyethylene** is one of the typical plastics of the insulating materials, in which each chain of polyethylene is bonded by sigma electron in the sigma bond. The sigma electron is commonly shared by adjacent carbons as a sigma bond and is restricted in its movement, being unable to move easily. As seen above, conventional typical plastics has no carrier to carry electric current, being insulating materials. This type of bonding is often seen in organic compounds which are commonly recognized as an insulating materials which do not conduct electric current. These characteristics are based on the fact that these materials only have **sigma electrons** that are restricted in their movement and can not move freely.

The rest is omitted.

2002 年 11 月 25 日 初版第 1 刷発行

■著者略歴■

倉本 憲幸 (くらもと のりゆき)

1977 年 名古屋工業大学工学部卒業

1982 年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程
修了

1982 年 工学博士(東京工業大学)

1982 年 山形大学工学部助手

1986 年 同学部講師

1988 年 同学部助教授

1988 年 11 月より 1 年間、スイス連邦共和国ローザンヌ
スイス連邦工科大学化学科客員研究員

1994 年 フランス共和国グルノーブル原子核研究セ
ンター客員研究員(導電性高分子に関する研
究)

1999 年 山形大学大学院理工学研究科生体センシ
ング機能工学専攻・教授機能センサー工学講
座担当、現在に至る

賞 罰 IEEE アメリカ電気電子学会論文賞受賞学
会賞受賞(2000 年), FCFP(International
Symposium on Fine Chemistry and Func-
tional Polymers)学会賞受賞, 繊維学会学会
賞受賞(2001 年)など

BEST AVAILABLE COPY

ビギナーズブックス 26

はじめての導電性高分子

(定価はカバーに
表示してあります)

著 者 倉 本 憲 幸

発 行 者 志 村 幸 雄

発 行 所 株式会社 工業調査会

(〒113-8466) 東京都文京区本郷2丁目14の7

電 話 03(3817)4701(大代表)

F A X 03(3817)4749

振 替 00180-1-123234 番

印 刷 所 中央印刷株式会社

製 本 所 田中製本印刷株式会社

落丁・乱丁はおと
りかえいたします

© N. Kuramoto, 2002 Printed in Japan

ISBN 4-7693-4160-1 C 3058

〔R〕 〈日本複写権センター委託出版物〉

本書の全部または一部を無断で複写複製(コピー)することは、著作権法上での例外を除き、禁じられて
います。本書からの複写を希望される場合は、日本複写権センター(03-3401-2382)にご連絡くださ
い。



って電気が流れることができることになる。

一方で絶縁性高分子材料のプラスチックの代表的なものにポリエチレンがあるが、ポリエチレンの鎖同士はシグマ結合にあるシグマ電子で結び付けられており、シグマ電子は単結合、そして共有結合として炭素と炭素の結合に共有されており、原子間に束縛されて容易に動けない構造になっている。このようにいままでの代表的なプラスチックは電流を運ぶ担い手がないので、絶縁体であるわけである。このような結合は有機化合物によく見られる結合であって有機化合物は電気を通さない材料として認識されてきたのは、束縛されて動けなくなったシグマ電子だけを持っていることによる。

共有結合の状態において炭素と炭素の結合には炭素の s 軌道の電子と p 軌道にある電子を利用して分子軌道を形作る。sp₃ 混成軌道では px, py, pz にある p 軌道の電子をすべて混成して分子軌道を形作る。これらの電子はシグマ電子として分子の結合を形作っており、原子と原子の間に束縛されて自由には動けない状態になっている。それに対して共役二重結合であったり、不飽和結合を形作る場合には、s 軌道の電子と px, py 軌道にある電子を混成して sp₂ 混成軌道や sp 混成軌道を形作ることになる。この際には残りの pz 軌道には原子軌道の電子がそのまま残って分子軌道を形作ることで、パイ電子が収まる軌道が残ることになる。この軌道に入って自由に動ける状態の電子がパイ電子であり、これは原子間で束縛されない電子となっており、電流を運ぶ担い手となることができるわけである。電流を運ぶ担い手となるキャリアがどれだけ多いかというキャリア密度と、キャリアが動く速度に相当するキャリア移動度によって導電率が決まる。キャリアになりうるのは電子と電子の抜け殻である正孔（ホールと呼ばれ、電子がマイナス荷電であるのに対しプラス荷電している）がある。これらのキャリアが多く存在し、しかも動く速度が速いとなる導電率も高くなる。

芳香族分子にはこの自由に動ける電子が豊富に存在しており、動ける状態にあるので導電性の高い状態になっている。これに対して半導体では電子が充滿している価電子帯と禁制帯をはさんで、外部からエネルギーが電子に与えられたときに、エネルギーを吸収してエネルギーの高い電子の状態となっている伝

BEST AVAILABLE COPY

導帯のバンド構造になっており、価電子帯にある電子を熱や光で伝導帯に励起してやると動けるようになって導電性が出てくる。絶縁性高分子の場合は炭素と炭素間の結合に束縛されている電子を励起するにはかなり大きなエネルギーを与えないと励起状態にはならない。このように金属、半導体、絶縁体の違いは価電子帯と禁制帯の間幅の大きさの違いによって決まる。禁制帯の大きさは越えられる壁にたとえられる。金属では禁制帯の大きさは小さくて価電子帯にある電子は容易に壁を越えることができるが、半導体では熱や光のエネルギーの大きさに等しい大きさであって適当なエネルギーを与えないと壁は越えられない高さとなっている。壁の高さに相当するエネルギーを与えてやると伝導帯に入って自由な電子となる。これが絶縁体の場合は壁が高くて非常に大きく、ちょっとやさそとでは越えられない高さとなっているため、通常の状態では自由に動ける電子を作り出すことはできなくなっている。図1.6に導電性高分子の電子エネルギーバンド構造を示す。

一方で動けるパイ電子を持っている共役系高分子は小さなエネルギーで励起されて動ける状態になりうる。この共役系の長さが長いほど、励起に要するエネルギーは小さくなり、究極の無限長さの時は0となって金属と同様な導電体

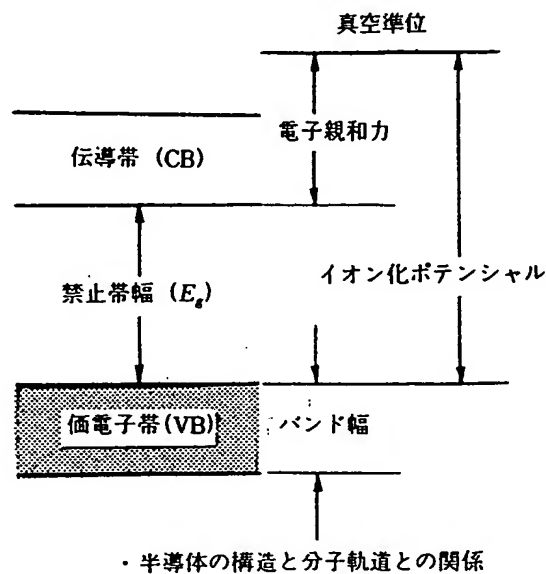


図1.6 導電性高分子の電子エネルギーバンド構造